Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 17, No. 4, Winter. 2020, p. 631-645

نشریه پژوهش‌های زراعی ایران
جلد ۱۷، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص. ۶۴۵-۶۳۱

تاثیر تقسیط نیتروژن و تراکم‌های مختلف بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو ژنوتیپ برنج (*Oryza sativa* L.)

فرشید علیپور ابوخیلی[۱]، قربان نورمحمدی[۲*]، حمید مدنی[۳]، حسین حیدری شریف آباد[۴]، حمیدرضا مبصر[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۰۵

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر تقسیط نیتروژن و تراکم‌های مختلف بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو ژنوتیپ برنج انجام شد و بدین منظور آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی واقع در شهرستان قائم‌شهر طی سال‌های ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل سه سطح تراکم بوته (۱۶، ۲۵ و ۳۳/۳ بوته در متر مربع) به‌عنوان عامل اصلی و پنج سطح تقسیط نیتروژن (S_1: مصرف کامل (۱۰۰٪) در مرحله ابتدای کاشت[۶] یا پایه، S_2: ۵۰٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۵۰٪ در مرحله ابتدای پنجه‌دهی[۷]، S_3: ۵۰٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۵۰٪ در مرحله ظهور خوشه‌آغازین[۸]، S_4: ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای پنجه‌دهی + ۳۳/۳۳٪ در مرحله ظهور خوشه‌آغازین و S_5: ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۳۳/۳۳٪ ظهور خوشه‌آغازین + ۳۳/۳۳٪ در مرحله خوشه‌دهی کامل[۹]) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان دادند که ارقام هاشمی و کوهسار در سال دوم به‌ترتیب کاهش ۹/۲۱ درصدی و افزایش ۲۳/۷۴ درصدی عملکرد دانه را نسبت به سال اول داشتند. همچنین سال دوم نسبت به سال اول کاهش ۱۱/۶۲ درصدی و ۳۰/۳۶ درصدی عملکرد کاه را به‌ترتیب در ارقام هاشمی و کوهسار نشان داد. عملکرد دانه و شاخص برداشت با افزایش تراکم در رقم هاشمی به‌ترتیب افزایش و کاهش یافتند. عملکرد کاه در هر دو رقم با افزایش تراکم افزایش نشان دادند. کمترین عملکرد کاه و بیشترین شاخص برداشت در هر دو رقم، با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت، ظهور خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل حاصل آمد. اثر متقابل بین عامل‌ها در ارقام مورد مطالعه نشان داد که در هر دو سال زراعی تعداد خوشه در متر مربع با افزایش تراکم افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: رقم، زمان مصرف نیتروژن، سال، عملکرد دانه، فواصل کاشت

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.)، یکی از محصولات استراتژیک دنیا، به‌ویژه آسیا محسوب می‌شود و در حال حاضر غذای حدود نیمی از جمعیت ۷ میلیارد نفری جهان را تأمین می‌کند (Emam, 2007). بنابراین برای تأمین تقاضای رو به رشد برنج، افزایش ۷۰-۷۵٪ در تولید کل کشور امری اجتناب‌ناپذیر است. در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ سطح انواع واریته‌های شلتوک در کشور حدود ۵۶۵ هزار هکتار برآورد شده که معادل ۴/۷ درصد کل سطح برداشت محصولات زراعی و ۶/۴ درصد از کل سطح برداشت غلات می‌باشد که استان مازندران با دارا بودن سهم ۳۸/۸ درصدی از سطح برداشت اراضی زیرکشت برنج مقام نخست کشور را به خود اختصاص داده است و استان گیلان نیز با برداشت ۳۱/۷ درصد از اراضی شالی‌کاری کشور در جایگاه دوم قرار گرفته است. این دو استان جمعاً ۷۰/۵ درصد از سطح برداشت انواع شلتوک کشور را دارا هستند (Agricultural Statistics, 2013).

تراکم مطلوب یکی از عوامل بسیار مهم در دستیابی به حداکثر عملکرد و کیفیت می‌باشد که رعایت آن در مورد کلیه محصولات کشاورزی الزامی است؛ بنابراین یکی از مسائل اصلی در رابطه با کشت گیاهان زراعی، انتخاب مناسب‌ترین تراکم بوته در واحد سطح می‌باشد (Sarmadnia and Koocheki, 2005). محققین بر این باورند که یک رابطه جبرانی بین اجزای عملکرد و تراکم بوته برنج وجود دارد (Gu *et al*., 2012). کاهش فواصل ردیف کاشت باعث پوشاندن سریعتر سطح زمین توسط برگ‌ها، کاهش تبخیر از سطح خاک، بهبود جذب مواد غذایی از خاک و جلوگیری از رشد علف‌های هرز می‌شود؛ همچنین دیگر محققین گزارش کرده‌اند که هرچه فاصله بین ردیف‌ها بیشتر باشد به‌دلیل کاهش یکنواختی در توزیع بوته‌ها،

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- استاد، گروه زراعت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳- دانشیار، گروه زراعت، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
۴- استاد، گروه زراعت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۵- استادیار، گروه زراعت، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: gnoorm@yahoo.com)
DOI: 10.22067/gsc.v17i4.79545
6- 3 leaves unfolded
7- Beginning of tillering: first tiller detectable
8- Panicle formation: panicle 1-2 mm in length
9- End of panicle emergence: neck node level with the flag leaf auricle, anthers not yet visible

رقابت بین بوته‌ها روی یک ردیف زودتر اتفاق خواهد افتاد و جذب تشعشعات خورشیدی به حداقل می‌رسد (Andrade and Calvino, 2002). محمدیان‌روشن و همکاران (Mohammadian Roshan *et al*., 2011) با مطالعه عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم علی‌کاظمی تحت فواصل بوته و تعداد نشاء مختلف در کپه بیان داشتند که بالاترین عملکرد دانه تحت فواصل کاشت ۲۰ × ۲۰ سانتی‌متر به‌دست آمد. بزرگی و همکاران (Bozorgi *et al*., 2011) نیز با بررسی اثر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم طارم هاشمی گزارش دادند، بالاترین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت از آرایش کاشت ۲۰ ×۲۰ سانتی‌متر مربع و بیشترین تعداد پنجه در متر مربع و طول خوشه و کوتاه‌ترین بوته‌ها از آرایش کاشت ۲۵ × ۲۵ سانتی‌متر مربع حاصل شد.

از طرف دیگر برنج برای تولید عملکردهای بیشتر نیازمند عناصر غذایی بیشتر است که در این میان نیتروژن مهمترین عنصر غذایی و یک نهاده کلیدی است (Shaiful Islam *et al*., 2009). نیتروژن یک عنصر غذایی اصلی و جزء مهمی از بسیاری از ترکیبات آلی می‌باشد (Sandhu *et al*., 2015). عدم جذب این عنصر در هر مرحله از رشد گیاه باعث کاهش عملکرد خواهد شد (Haefel *et al*., 2006). مدیریت نیتروژن و تقسیط آن جهت بهینه‌سازی میزان نیتروژن در راستای تولید دانه بالاتر بسیار مهم است (Sathiya and Ramesh, 2009). مطالعات نشان داده‌اند که کاربرد نیتروژن در زمان‌های مختلف اثر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه، تعداد پنجه در متر مربع و وزن خشک کل در ۳۰، ۶۰، ۹۰ روز بعد از کاشت و زمان برداشت داشت (Ani *et al*., 2018). محققین نشان دادند که با تقسیط نیتروژن به مقدار یکسان در ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز بعد از کاشت بیشترین تعداد پنجه کل و پنجه بارور در کپه، طول خوشه و خوشه‌چه پر در خوشه حاصل آمد و بیشترین خوشه‌چه پوک در خوشه تحت تقسیط نیتروژن به مقدار یکسان در ۲۵ و ۵۰ روز بعد از کاشت به‌دست آمد (Kamruzzaman *et al*., 2013). این پژوهش با هدف بررسی اثر تقسیط نیتروژن و تراکم‌های مختلف بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو ژنوتیپ برنج انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تقسیط نیتروژن و تراکم‌های مختلف بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو ژنوتیپ برنج، آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده (Split-Plot) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی واقع در شهر ارطه از توابع شهرستان قائم‌شهر در ۱۰ کیلومتری غرب شهرستان ساری طی سال‌های ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. محل اجرای آزمایش در امتداد ساحل دریای خزر با ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی با ارتفاع ۵۱/۲ متر از سطح دریا واقع شده است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت و داده‌های هواشناسی ثبت شده در طول دوره آزمایش در هر دو سال زراعی به‌ترتیب در جداول ۱ و ۲ آمده است. فاکتورهای آزمایشی شامل سه سطح تراکم بوته (۱۶، ۲۵ و ۳۳/۳ بوته در متر مربع به‌ترتیب با رعایت فواصل کاشت ۲۵ × ۲۵، ۲۰ × ۲۰ و ۳۰ × ۱۰ سانتی‌متر) به‌عنوان عامل اصلی و پنج سطح تقسیط نیتروژن (S_1: مصرف کامل (۱۰۰٪) در مرحله ابتدای کاشت یا پایه، S_2: ۵۰٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۵۰٪ در مرحله ابتدای پنجه‌دهی، S_3: ۵۰٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۵۰٪ در مرحله ظهور خوشه‌آغازین، S_4: ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای پنجه‌دهی + ۳۳/۳۳٪ در مرحله ظهور خوشه‌آغازین و S_5: ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۳۳/۳۳٪ ظهور خوشه‌آغازین + ۳۳/۳۳٪ در مرحله خوشه‌دهی کامل) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. مزرعه محل آزمایش در سال قبل زیر کشت برنج بود و در اواخر بهمن به‌وسیله گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شد و در اردیبهشت قبل از نشاءکاری عملیات کامل شخم بهاره، روتیواتور، ماله کشیدن و تسطیح انجام گردید و بعد از آن بر اساس نقشه طرح، زمین به سه تکرار مساوی (هر تکرار دارای ۱۵ کرت آزمایشی به ابعاد ۵ × ۲ متر مربع بود) تقسیم شد. کاشت برنج در سال‌های زراعی اول و دوم به‌ترتیب در تاریخ ۲۵ و ۱۳ اردیبهشت‌ماه انجام شد. بعد از عملیات نشاءکاری، کرت‌ها بلافاصله به‌صورت غرقاب درآمدند. جهت جلوگیری از خروج آب و کود اوره، دیواره‌های هر کرت تا عمق ۳۰ سانتی‌متری با پوشش نایلونی محصور شدند. زمان نشاءکاری، هر کپه (شامل سه نشاء) بر اساس تیمارهای تراکم با فواصل مشخص تیماری در کرت‌های مورد نظر نشاء شدند. کوددهی بر اساس نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مشخص شد. فسفر به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل، پتاسیم به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع کلرور پتاسیم و نیتروژن از منبع کود اوره به میزان ۱۵۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب برای ارقام هاشمی و کوهسار در نظر گرفته شد. کودهای فسفر و پتاسیم بعد از آماده‌سازی زمین و قبل از نشاءکاری مصرف شدند؛ اما نیتروژن بعد از نشاءکاری بر اساس تیمارهای تقسیط به کرت‌های مورد نظر داده شد. به‌منظور مبارزه شیمیایی با علف‌های هرز از علف‌کش انتخابی بوتاکلر (۳ تا ۴ لیتر در هکتار)، در ۴ روز پس از نشاءکاری استفاده شد و در طول آزمایش در صورت حضور علف هرز در کرت‌ها، مبارزه به‌صورت دستی انجام گرفت. همچنین برای مبارزه با کرم ساقه‌خوار برنج دو بار از سم دیازینون (گرانول ۵٪) به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله انتهای پنجه‌دهی و مرحله گلدهی استفاده شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت
Table 1- Physical and chemical properties of soil before planting

Soil characteristics خصوصیات خاک	Unit واحد	۱۳۹۲-۹۳ (2013-14)	۱۳۹۳-۹٤ (2014-15)
Soil depth عمق خاک	cm	0-30	0-30
Electrical conductivity هدایت الکتریکی	$dS.m^{-1}$	0.43	0.34
pH اسیدیته خاک/گل اشباع	-	7.72	6.94
Organic matter ماده آلی	%	1.91	2.85
Organic carbon کربن آلی	%	1.11	1.65
T.N.V درصد مواد خنثی‌شونده	%	1.5	2.5
N total ازت کل	%	0.11	0.16
Available P فسفر قابل‌جذب	ppm	42	36
Available K پتاسیم قابل‌جذب	ppm	213	181
Sand شن	%	42	32
Silt لای	%	30	39
Clay رس	%	28	29
Soil texture بافت خاک	-	C.L.L	C.L.L

جدول ۲- داده‌های هواشناسی محل آزمایش در طول دوره رشد برنج
Table 2- Meteorological data of the site during the rice growth period

ماه‌های سال Months of the year			فروردین April	اردیبهشت May	خرداد June	تیر July	مرداد August	شهریور September
متوسط دما Average temperature (°C)	حداقل Minimum	۱۳۹۲-۹۳ 2013-14	11.1	14.0	19.5	22.6	22.2	23.1
		۱۳۹۳-۹۴ 2014-15	8.9	16.4	20.7	23.6	23.9	23.8
	حداکثر Maximum	۱۳۹۲-۹۳ 2013-14	20.3	25.2	29.5	31.7	30.3	30.4
		۱۳۹۳-۹۴ 2014-15	20.3	27.5	30.8	32.1	34.5	32.9
	میانگین Average	۱۳۹۲-۹۳ 2013-14	15.7	19.6	24.5	27.2	26.2	26.7
		۱۳۹۳-۹۴ 2014-15	14.6	21.9	25.8	27.8	29.2	28.3
مجموع بارش Precipitation total (mm)		۱۳۹۲-۹۳ 2013-14	18.2	58.8	7.6	4.8	49.8	26.3
		۱۳۹۳-۹۴ 2014-15	80.7	6.2	60.9	17.0	1.8	10.4
مجموع ساعات آفتابی ماهانه Total sunny hours monthly (hour)		۱۳۹۲-۹۳ 2013-14	147.4	252.6	243.3	259.6	136.8	158.6
		۱۳۹۳-۹۴ 2014-15	208.9	211.7	244.3	196.2	280.3	192.3

نمونه‌ها به‌صورت تصادفی و با حذف اثرات حاشیه‌ای برای هر کرت (تیمار آزمایشی) انتخاب شدند و صفات مورد نظر، تحت مطالعه و بررسی قرار گرفتند (Islam *et al*., 2007). صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع نهایی، طول خوشه، تعداد پنجه بارور در کپه، تعداد خوشه در متر مربع، تعداد خوشه‌چه پر در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه (شلتوک)، عملکرد کاه و شاخص برداشت بودند. ارتفاع بوته (قبل از برداشت) و تعداد پنجه بارور در کپه با استفاده از میانگین ۱۲ بوته برای هر کرت و طول خوشه و تعداد خوشه‌چه پر در خوشه با استفاده از میانگین ۲۰ خوشه برای هر کرت محاسبه شدند. تعداد خوشه در متر مربع با برداشت تمام کپه‌ها از ۲ متر مربع برای هر کرت به‌دست آمد. وزن هزار دانه با شمارش ۱۰ نمونه صدتایی و توزین آن‌ها براساس رطوبت ۱۴٪ برای هر کرت به‌دست آمد. عملکرد دانه (براساس رطوبت ۱۴٪) با برداشت تمام بوته‌ها از چهار متر مربع از قسمت میانی برای هر کرت محاسبه شد. عملکرد کاه از تفاضل

عملکرد بیولوژیک[1] و عملکرد دانه به‌دست آمد. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک حاصل شد و به‌صورت درصد بیان گردید. داده‌های به‌دست آمده با نرم‌افزار آماری MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و مقایسات میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. نمودارها و جداول به‌ترتیب با نرم‌افزارهای Excel و Word ترسیم شدند.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

تجزیه واریانس داده‌ها، نشان داد که ارتفاع بوته در هر دو رقم تحت اثر ساده سال و تقسیط نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و فقط در رقم هاشمی تحت اثر ساده تراکم در سطح احتمال یک درصد و تحت اثر متقابل سال × تقسیط و تراکم × تقسیط به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات ساده صفات در جدول ۴ نشان دادند که بلندترین بوته‌ها در ارقام هاشمی و کوهسار برای سال دوم زراعی (به‌ترتیب ۱۵۴/۲ و ۱۰۶/۳ سانتی‌متر) بودند. داده‌های هواشناسی در جدول ۲ نشان داد که در طول دوره رشد رویشی سال دوم، بوته‌های برنج به لحاظ میانگین دمایی شرایط بهتر و به لحاظ نوری رقابت بیشتری را نسبت به سال اول داشتند که هر دوی این عوامل باعث افزایش ارتفاع در سال دوم شد. همچنین بلندترین بوته‌های برنج (۱۵۱/۳ سانتی‌متر) در رقم هاشمی با رعایت کمترین تراکم بوته حاصل شد. با توجه به این‌که در برنج برخلاف سایر گیاهان زراعی که رقابت اصلی بین بوته‌ها برای دریافت نور می‌باشد، رقابت بیشتر بین نشاءها برای جذب مواد غذایی است بنابراین با افزایش تراکم کاشت، رشد رویشی گیاه کم و ارتفاع آن کاهش می‌یابد و به‌تدریج با کاهش تراکم، به‌علت در اختیار بودن فضای بیشتر برای نشاءها، ارتفاع بوته افزایش خواهد یافت. دیگر نتایج نشان دادند که کمترین ارتفاع بوته برای ارقام هاشمی (۱۴۵/۶ سانتی‌متر) و کوهسار (۹۹/۱۱ سانتی‌متر) با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت، ظهور خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل به‌دست آمد؛ که دلیل کاهش ارتفاع عدم دسترسی به مقدار کود مناسب در مرحله رشد رویشی بود چراکه دو سوم کود مصرفی اختصاص به رشد زایشی داشت. اثر برهمکنش بین عامل‌ها برای رقم هاشمی در جدول ۵ نشان داد که با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت، ظهور خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل در سال اول (۱۳۹/۶ سانتی‌متر) و با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت و ابتدای پنجه‌دهی در سال دوم (۱۵۶/۷ سانتی‌متر) به‌ترتیب کوتاه‌ترین و بلندترین بوته‌های برنج حاصل آمدند. همچنین بلندترین و کوتاه‌ترین بوته‌های برنج به‌ترتیب با مصرف تمام نیتروژن در ابتدای کاشت توأم با تراکم ۱۶ بوته در متر مربع (۱۵۴/۵ سانتی‌متر) و با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت، ظهور خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل توأم با تراکم ۲۵ بوته در متر مربع (۱۴۳/۲ سانتی‌متر) به‌دست آمدند. لی (Lee, 2001) اعلام کرد که دما، تشعشع خورشیدی و آب، سه نیاز بحرانی برای رشد برنج به‌شمار می‌آیند به‌طوری‌که رشد برنج تحت رژیم‌های مختلف دمایی بسیار متفاوت می‌باشد. دمای پایین می‌تواند مراحل نمو و فتوسنتزی گیاه برنج را تحت تأثیر قرار دهد چنان‌که، رشد آن کاهش می‌یابد و باعث کاهش عملکرد گیاه می‌شود (Wang *et al*., 1996). وقوع دمای پایین در مرحله رویشی موجب کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت رشد گیاهچه، زرد شدن برگ‌ها، کاهش ارتفاع و پنجه‌زنی، افزایش طول دوره رشد و در برخی موارد باعث توقف رشد و مرگ گیاه خواهد شد (Shimono *et al*., 2002). طی مطالعاتی که بزرگی و همکاران (Bozorgi *et al*., 2011) در منطقه لاهیجان بر روی برنج رقم هاشمی و خیری و همکاران (Kheyri *et al*., 2016) در شهرستان آمل (مازندران) بر روی برنج رقم طارم امراللهی انجام داده‌اند افزایش ارتفاع بوته برنج با افزایش فاصله کاشت یا کاهش تراکم تأیید شد. اسماعیل‌زاده-مریدانی و همکاران (Esmaeilzadeh-Moridani *et al*., 2013) طی تحقیقی در شهرستان لنگرود (گیلان) اثر معنی‌دار تقسیط نیتروژن بر ارتفاع بوته برنج ارقام هاشمی و بهار ۱ را گزارش کردند که با نتایج شیفول‌اسلام و همکاران (Shaiful Islam *et al*., 2009) مطابقت داشت. طی تحقیقی که خورگامی و همکاران (Khourgami *et al*., 2012) در روستای میانکوه استان تنکابن بر روی برنج رقم طارم حسن‌سرائی انجام دادند، اثر برهمکنش بین تراکم و تقسیط نیتروژن را بر ارتفاع بوته برنج معنی‌دار دیدند.

طول خوشه

طول خوشه برای ارقام هاشمی و کوهسار تحت اثر ساده سال در سطح احتمال یک درصد و تحت اثر ساده تراکم به‌ترتیب در سطح احتمال ۵ و یک درصد معنی‌دار شد و فقط در رقم هاشمی تحت اثر ساده تقسیط نیتروژن قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات ساده صفات در جدول ۴ نشان دادند که طولانی‌ترین خوشه‌های برنج در ارقام هاشمی و کوهسار برای سال دوم زراعی (به‌ترتیب ۳۰/۶۵ و ۱۸/۳۹ سانتی‌متر) ثبت شدند. با توجه به این‌که میانگین‌های طول خوشه در ارقام مورد مطالعه در یک گروه آماری قرار نگرفتند می‌توان بیان نمود اگرچه طول خوشه یک صفت ژنتیکی است، ولی می‌تواند تا حدودی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار بگیرد. داده‌های هواشناسی در جدول ۲ نشان دادند که در زمان خوشه‌آغازین ارقام مورد مطالعه، میانگین دما در سال اول نسبت به سال دوم پایین‌تر بود که علت کاهش طول

1- Biomass

خوشه بود. همچنین با رعایت کمترین تراکم کاشت طویل‌ترین خوشه‌های برنج برای ارقام هاشمی (۳۰/۲۴ سانتی‌متر) و کوهسار (۱۸/۴۱ سانتی‌متر) به‌دست آمد. نتایج نشان دادند که طویل‌ترین خوشه‌ها در تراکم‌های پایین‌تر مشاهده شدند که به‌خاطر سهم بیشتر هر بوته از عوامل محیطی بود و با افزایش تراکم از طول خوشه کاسته شد که می‌توان به رقابت درون گونه‌ای نسبت داد به‌طوری‌که در تراکم‌های بالا رقابت بین بوته‌های برنج افزایش یافته و سهم هر بوته از عوامل محیطی کمتر خواهد شد. دیگر نتایج نشان دادند که با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت و ظهور خوشه‌آغازین (۳۰/۲۷ سانتی‌متر) و در مراحل ابتدای کاشت، ابتدای پنجه‌دهی و ظهور خوشه‌آغازین (۳۰/۳۷ سانتی‌متر) طویل‌ترین خوشه‌ها برای رقم هاشمی به‌دست آمد که این نتایج به اهمیت مصرف نیتروژن در زمان خوشه‌آغازین تأکید دارد. وقوع دماهای پایین از طریق تأثیر بر برخی اجزای عملکرد مانند طول خوشه کاهش عملکرد را در پی دارد (Farrell *et al*., 2006b). گزارش شده است که به‌ازای هر یک واحد کاهش دما از ۲۶ درجه سانتی‌گراد، عملکرد برنج، ۶ درصد کاهش خواهد یافت و علت آن به تأثیر دما و شدت تشعشع خورشیدی بر اجزای عملکرد همچون تعداد دانه در بوته، تعداد خوشه در بوته و طول خوشه نسبت داده شد (Sheehy *et al*., 2006). طی مطالعاتی که کامروزمان و همکاران (Kamruzzaman *et al*., 2013) در بنگلادش بر روی برنج رقم BRRI dhan30 و کائوشال و همکاران (Kaushal *et al*., 2010) در مرکز تحقیقات کشاورزی هند بر روی برنج رقم IR64 انجام داده‌اند، دریافتند که بیشترین طول خوشه با تقسیط سه مرحله‌ای نیتروژن به‌دست آمد.

تعداد پنجه بارور در کپه

جدول ۳ تجزیه واریانس نشان داد که تعداد پنجه بارور در کپه برای هر دو رقم تحت اثر ساده سال و تراکم بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و تنها برای رقم کوهسار تحت اثر ساده تقسیط نیتروژن قرار گرفت و در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثرات ساده صفات (جدول ۴) نشان دادند که بیشترین پنجه بارور در ارقام هاشمی و کوهسار برای سال اول زراعی (به‌ترتیب ۱۹/۷۷ و ۱۹/۰۶ پنجه) و تراکم ۱۶ بوته در متر مربع (به‌ترتیب ۲۱/۳۳ و ۲۱/۶۷ پنجه) بود. از آن‌جایی‌که نور یکی از فاکتورهای بسیار مهم در افزایش پنجه‌زنی در برنج می‌باشد لذا با توجه داده‌های هواشناسی در جدول ۲ می‌توان دریافت که بوته‌های برنج حین پنجه‌دهی از میزان نور کمتری در سال دوم نسبت به سال اول برخوردار بودند لذا تعداد پنجه بارور در سال دوم کاهش یافت. همچنین با افزایش تراکم و کاهش فاصله کاشت به‌دلیل رقابت بیشتر بین نشاءها و بوته‌های برنج برای جذب مواد غذایی، از تعداد پنجه بارور در کپه کاسته خواهد شد. بیشترین تعداد پنجه بارور برای رقم کوهسار با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت، ابتدای پنجه‌دهی و ظهور خوشه‌آغازین (۱۹/۱۷ پنجه) به‌دست آمد که با تقسیط نیتروژن در مراحل ابتدای کاشت و ابتدای پنجه‌دهی (۱۷/۹۳ پنجه) از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. این نتایج اهمیت مدیریت مصرف نیتروژن را هم به‌جهت زمان مصرف و هم به‌جهت مقدار مصرف در طول دوره رشد گیاه برنج نشان داد به‌طوری‌که بالاترین تعداد پنجه بارور در تیمارهایی که دو مرحله مصرف نیتروژن را قبل از رشد زایشی داشتند، مشاهده شد. همچنین مشخص شد که مقدار مصرف نیتروژن، به‌منظور بالا بردن کارایی مصرف آن در جهت افزایش پنجه بارور در بوته، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. همچنین علی‌رغم عدم معنی‌داری در جدول ۳، آزمون دانکن اثر معنی‌دار تقسیط نیتروژن بر تعداد پنجه بارور را برای رقم هاشمی نشان داد به‌طوری‌که بیشترین و کمترین تعداد پنجه بارور به‌ترتیب با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت و ظهور خوشه‌آغازین (۱۸/۹۳ پنجه) و در مراحل ابتدای کاشت و ابتدای پنجه‌دهی (۱۷/۳۶ پنجه) مشاهده شد. کاهش شدت تشعشع موجب کاهش تعداد پنجه و سطح برگ بوته و در نهایت کاهش تولید ماده خشک لازم برای تولید خوشه می‌شود (Zhang and Yamagishi, 2010). یافته‌های این پژوهش با نتایج بررسی‌های سالتانا و همکاران (Saltana *et al*., 2012) در دانشگاه کشاورزی بنگلادش روی رقم BRRI dhan45 و خیری و همکاران (Kheyri *et al*., 2016) در شهرستان آمل روی رقم طارم امراللهی، مبنی بر کاهش تعداد پنجه بارور با افزایش تراکم مطابقت داشت. اثر معنی‌دار تقسیط نیتروژن بر تعداد پنجه بارور در کپه برنج رقم معطر Vasumati در دانشکده کشاورزی هند (Ganga Devi *et al*., 2012) و رقم IR64 در مرکز تحقیقات کشاورزی هند (Kaushal *et al*., 2010) به اثبات رسیده است.

تعداد خوشه در متر مربع

همان‌طوری‌که در جدول ۳ تجزیه واریانس ملاحظه شد، تعداد خوشه در متر مربع برای ارقام هاشمی و کوهسار در سطح احتمال یک درصد تحت اثر ساده سال و تراکم و در سطح احتمال پنج درصد تحت اثر متقابل سال × تراکم قرار گرفت و به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد تحت اثر ساده تقسیط نیتروژن معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثرات ساده صفات نشان دادند که بیشترین تعداد خوشه در متر مربع برای ارقام هاشمی و کوهسار در سال اول زراعی (به‌ترتیب ۴۷۳/۶ و ۴۵۰/۴ خوشه) و در تراکم ۳۳/۳ بوته در متر مربع (به‌ترتیب ۵۰۲/۱ و ۵۱۰/۵ خوشه) مشاهده شد. همچنین بیشترین تعداد خوشه در متر مربع برای ارقام هاشمی و کوهسار با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت و ظهور خوشه‌آغازین (۴۴۳/۸ خوشه) و مراحل ابتدای کاشت، ابتدای پنجه‌دهی و ظهور خوشه‌آغازین

(۴۴۷/۸ خوشه) به‌دست آمد (جدول ۴). تعداد خوشه در متر مربع تحت اثر سال و تقسیط نیتروژن تابعی از تعداد پنجه‌های بارور در هر بوته بود و به موازات افزایش پنجه بارور در هر بوته تعداد خوشه در متر مربع نیز افزایش یافت که در نتایج به‌وضوح مشهود بود. دیگر نتایج نشان دادند که تعداد خوشه در متر مربع تحت اثر تراکم تابع تعداد بوته در متر مربع بود به‌طوری‌که کمترین تراکم بوته (بیشترین فواصل کاشت) کمترین تعداد خوشه در متر مربع را سبب شد و به‌تدریج با افزایش تعداد بوته در متر مربع (کاهش فواصل کاشت) به‌علت افزایش تعداد ساقه در واحد سطح بر تعداد خوشه در متر مربع نیز افزوده شد. اثر برهمکنش بین عامل‌ها در ارقام هاشمی و کوهسار نشان دادند که بیشترین (به‌ترتیب ۵۷۴/۳ و ۵۶۸/۵ خوشه) و کمترین (به‌ترتیب ۳۱۷/۹ و ۳۲۰/۶ خوشه) تعداد خوشه در متر مربع به‌ترتیب با اعمال تراکم حداکثری در سال اول و تراکم حداقلی در سال دوم حاصل شد (جدول ۵). فقدان تشعشع خورشیدی کافی در مرحله قبل از خوشه‌دهی (از مرحله کاشت تا مرحله آبستنی) موجب کاهش تعداد خوشه بارور و نهایتاً کاهش عملکرد خواهد شد (Qi-hua *et al*., 2014; Liu *et al*., 2007). بین شدت تشعشع خورشیدی و تعداد خوشه همبستگی مثبتی وجود دارد (Deng *et al*., 2015) به‌طوری‌که در شدت نورهای پایین تعداد خوشه در برنج کاهش می‌یابد (Gbadamosi and Daniel, 2014). طی مطالعاتی که آسامائو (Asmamaw, 2017) در مرکز بین‌المللی تسوکوبا[1] ژاپن روی برنج رقم Nerica-4، بزرگی و همکاران (Bozorgi *et al*., 2011) در منطقه لاهیجان روی برنج رقم هاشمی و خیری و همکاران (Kheyri *et al*., 2016) در شهرستان آمل روی برنج رقم طارم امراللهی انجام داده‌اند، افزایش تعداد خوشه در متر مربع با افزایش تراکم (کاهش فواصل کاشت) تأیید شد که با یافته‌های پژوهش حاضر نیز مطابقت داشت. طی تحقیقی که رضایی‌نوپاشانی و امین‌پناه (Rezaei-Noupashani and Aminpanah, 2018) در صومعه‌سرا (گیلان) بر روی برنج رقم هاشمی انجام دادند نتایجی مشابه با نتایج پژوهش حاضر به‌دست آمد به‌طوری‌که کمترین تعداد خوشه در متر مربع با مصرف تمام نیتروژن در زمان کاشت مشاهده شد.

تعداد خوشه‌چه پر

تعداد خوشه‌چه پر برای ارقام هاشمی و کوهسار تحت اثر ساده تراکم در سطح احتمال یک درصد و تحت اثر ساده سال به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار شد و فقط در رقم هاشمی تحت اثر متقابل تراکم × تقسیط قرار گرفت و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات ساده صفات (جدول ۴) نشان دادند که بیشترین خوشه‌چه پر در ارقام هاشمی (۷۵/۳۲ خوشه چه) و کوهسار (۶۹/۶۰ خوشه‌چه) به‌ترتیب در سال‌های دوم و اول زراعی و همچنین با رعایت ۱۶ بوته در متر مربع (به‌ترتیب ۷۷/۶۶ و ۷۰/۸۰ خوشه‌چه) مشاهده شد. تعداد دانه بیشتر در خوشه نشان‌دهنده تخصیص بهتر مواد فتوسنتزی از کل ماده خشک تولید شده به خوشه‌چه‌هاست. با توجه به داده‌های هواشناسی که در جدول ۲ آمده است، بالا بودن میانگین دما در سال دوم شرایط بهتری را برای انتقال مواد فتوسنتزی در طول زمان پر شدن دانه به خوشه‌چه‌ها فراهم کرد لذا طبیعتاً بایستی باعث بالا بردن تعداد خوشه‌چه پر در خوشه‌ها شود که این اتفاق در رقم هاشمی مشهود بود؛ اما در رقم کوهسار چنین نبود که با بررسی روزانه داده‌های هواشناسی در دو سال زراعی مشخص شد که در دهه سوم پر شدن خوشه‌چه‌ها، میزان بارندگی برای سال اول نسبت به سال دوم بیشتر بوده که این اتفاق به‌جهت طولانی کردن دوره پر شدن و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به خوشه‌چه‌ها و نهایتاً بالا بردن تعداد خوشه‌چه‌های پر در خوشه مؤثر بود. در عین حال دلیل مهم‌تر این بود که زمان خروج خوشه‌ها برای رقم کوهسار در سال دوم با بارندگی شدیدی هم‌زمان شد که این اتفاق باعث بالابردن درصد پوک و کاهش تعداد خوشه‌چه‌های پر در خوشه شد. دلیل افزایش تعداد خوشه‌چه پر در خوشه با کاهش تراکم بوته این بود که در تراکم کمتر با فواصل بیشتر بین بوته‌ها به‌علت مساعد بودن عوامل محیطی و رقابت کمتر بین نشاءهای مجاور جهت دریافت مواد فتوسنتزی در مرحله پر شدن خوشه‌چه‌ها، شرایط برای تشکیل و پر شدن خوشه‌چه‌ها بیشتر و بهتر فراهم شده و خوشه بیشتر بارور می‌شود. ولی با بیشتر شدن تراکم به‌دلیل بسته‌تر شدن فاصله و سایه‌اندازی بیشتر، رقابت برای نور افزایش می‌یابد که به‌دلیل تغییر یافتن شدت نور و کیفیت آن، رشد مطلوب گیاه زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و در نتیجه باروری گلچه‌ها کاهش و تعداد خوشه‌چه پر در خوشه نیز کاهش می‌یابد. علی‌رغم عدم معنی‌داری در جدول ۳، آزمون دانکن اثر معنی‌دار تقسیط نیتروژن بر تعداد خوشه‌چه پر را در رقم هاشمی نشان داد، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین خوشه‌چه پر به‌ترتیب با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت، ابتدای پنجه‌دهی و ظهور خوشه‌آغازین (۷۵/۷۷ خوشه‌چه) و مراحل ابتدای کاشت، ظهور خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل (۶۹/۵۳ خوشه‌چه) به‌دست آمد که به لحاظ آماری با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۴). اثر برهمکنش بین عامل‌ها برای رقم هاشمی در جدول ۵ نشان داد که حداکثر و حداقل خوشه‌چه پر به‌ترتیب با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت، ابتدای پنجه‌دهی و ظهور خوشه‌آغازین توأم با تراکم ۱۶ بوته در متر مربع (۸۱/۷۳ خوشه‌چه) و تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت، ظهور خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل توأم با تراکم ۲۵ بوته در متر مربع (۶۱/۸۹ خوشه‌چه) حاصل آمدند. تعداد دانه در خوشه به‌عنوان جزئی مهم در عملکرد دانه می‌باشد (Sacks *et al*., 2010).

1- Tsukuba International Center

اسمیت (Smith, 1983) پوکی دانه و درصد باروری را با عوامل آب و هوایی در هنگام گرده‌افشانی مرتبط می‌داند و سهم این عوامل را بین ۶۰ تا ۹۷ درصد بیان کرد. در برنج تعداد دانه پر در خوشه به مقدار فعالیت منبع و اندازه مخزن و یا قابلیت گلچه‌ها در جذب کربوهیدرات و انتقال مواد فتوسنتزی از برگ بستگی دارد (Thakur *et al*., 2010)، در نتیجه، وقوع دماهای پایین و کاهش شدت تشعشع خورشیدی از طریق تأثیرگذاری بر تولید و انتقال مواد فتوسنتزی از برگ‌ها به گلچه‌ها بر تعداد دانه پر اثر می‌گذارند (Seyoum *et al*., 2011). همچنین دماهای پایین در مرحله زایشی برنج باعث ایجاد اختلال در باروری گلچه‌ها شده و بر تعداد گلچه‌های بارور اثرگذار می‌باشد (Thakur *et al*., 2010). دمای پایین باعث تجزیه مواد فتوسنتزی شده که بر کمیت و کیفیت عملکرد تأثیر گذاشته و یا با تغییر رابطه منبع و مخزن موجب کاهش میزان دانه پر در خوشه خواهد شد (Thakur *et al*., 2010). همچنین فقدان تشعشع خورشیدی کافی بعد از مرحله خوشه‌دهی موجب کاهش میزان فتوسنتز، کاهش تجمع ماده خشک، کاهش ظرفیت منبع و کاهش تعداد دانه پر خواهد شد (Qi-hua *et al*., 2014). خیری و همکاران (Kheyri *et al*., 2016) طی مطالعه‌ای که در شهرستان آمل بر روی برنج رقم طارم امراللهی انجام داده‌اند، دریافتند که تعداد دانه پر در پانیکول با کاهش تراکم بوته و افزایش فاصله کاشت افزایش یافت که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت. با تحقیقی که رضایی-نوپاشانی و امین‌پناه (Rezaei-Noupashani and Aminpanah, 2018) در صومعه‌سرا بر روی برنج رقم هاشمی و کاظمی-پشت مساوی و همکاران (Kazemi Posht Mosavi *et al*., 2007) در مؤسسه تحقیقات برنج کشور (آمل- مازندران) بر روی ارقام مختلف برنج انجام داده‌اند، اثر غیر معنی‌دار تقسیط نیتروژن بر تعداد خوشه‌چه پر در خوشه تأیید شد. این در حالی‌است که طی مطالعه‌ای که هیرزل و همکاران (Hirzel *et al*., 2011) در جنوب مرکزی شیلی انجام داده‌اند مشخص شد که با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل کاشت، پنجه‌زنی و خوشه‌آغازین، بیشترین تعداد خوشه‌چه پر در خوشه حاصل آمد که با یافته‌های این پژوهش مطابقت داشت.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که وزن هزار دانه برای ارقام هاشمی و کوهسار تحت اثر ساده سال قرار گرفت و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد و فقط برای رقم هاشمی تحت اثر ساده تقسیط نیتروژن قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات ساده صفات در جدول ۴ نشان دادند که بیشترین وزن هزار دانه برای ارقام هاشمی و کوهسار متعلق به سال دوم زراعی (به‌ترتیب ۲۴/۷۳ و ۳۰/۳۴ گرم) بود، که طبق داده‌های هواشناسی (جدول ۲) علت آن علاوه بر مساعد بودن شرایط دمایی در طول پر شدن خوشه‌چه‌ها برای هر دو رقم، با بررسی روزانه مجموع ساعات آفتابی به‌ویژه در ۲۰ روز قبل از رسیدگی فیزیولوژیکی مشخص شد که مجموع ساعات آفتابی نیز برای هر دو رقم به‌ویژه رقم هاشمی در سال دوم بیشتر از سال اول بود. با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت و ظهور خوشه‌آغازین (۲۴/۸۷ گرم) و در مراحل ابتدای کاشت، ظهور خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل (۲۴/۶۱ گرم) سنگین‌ترین دانه‌ها برای رقم هاشمی به‌دست آمد. علی‌رغم عدم معنی‌داری در جدول ۳، آزمون دانکن اثر معنی‌دار تراکم کاشت بر وزن هزار دانه را در رقم کوهسار نشان داد، به‌طوری‌که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح وزن هزار دانه برای رقم کوهسار کاهش یافت (جدول ۴). وزن هزار دانه تحت تأثیر شرایط اقلیمی متفاوت به لحاظ دما و شدت تشعشع خورشیدی قرار نمی‌گیرد چراکه این صفت بیشتر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی قرار دارد و اندازه دانه به‌وسیله اندازه پوسته دانه (لما و پالئا) محدود می‌شود (Sheehy *et al*., 2006; Yoshida, 1981)، درنتیجه در اغلب مناطق وزن هزار دانه برنج یکی از پایدارترین خصوصیت واریته‌ای به‌شمار می‌رود (Dowling *et al*., 1998). وقوع دماهای پایین در مرحله زایشی به‌ویژه در مرحله آبستنی و خوشه‌دهی باعث افزایش طول دوره گلدهی، عقیمی گلچه‌ها، کاهش کارایی باروری، رشد ناقص بذر، کاهش وزن هزار دانه و در نهایت کاهش عملکرد خواهد شد (Jiang *et al*., 2010; Shimono *et al*., 2002). همچنین فقدان تشعشع خورشیدی کافی بعد از مرحله خوشه‌دهی موجب کاهش میزان فتوسنتز، کاهش تجمع ماده خشک، کاهش ظرفیت منبع و کاهش وزن هزار دانه خواهد شد (Qi-hua *et al*., 2014). نتایج مطالعات محققینی همچون آسمامائو (Asmamaw, 2017) روی رقم Nerica-4 در مرکز بین‌المللی تسوکوبا (Tsukuba International Center) در ژاپن، سالتانا و همکاران (Saltana *et al*., 2012) روی رقم BRRI dhan45 در دانشگاه کشاورزی بنگلادش و نیک‌نژاد و همکاران (Niknejad *et al*., 2017) بر روی لاین ۸۶۱۵ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور، با یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر عدم معنی‌داری وزن هزار دانه تحت اثر تراکم بوته مطابقت داشت. کاظمی-پشت مساوی و همکاران (Kazemi Posht Mosavi *et al*., 2007) طی مطالعه‌ای که در مؤسسه تحقیقات برنج کشور بر روی ارقام مختلف برنج داشتند، عدم معنی‌داری تقسیط نیتروژن بر وزن هزار دانه را گزارش کردند. البته اسماعیل‌زاده-مریدانی و همکاران (Esmaeilzadeh-Moridani *et al*., 2012) طی تحقیقی در شهرستان لنگرود (گیلان) اثر معنی‌دار تقسیط نیتروژن بر وزن هزاردانه برنج ارقام هاشمی و بهار ۱ را نشان دادند. یافته‌های حاصل از تحقیق جمبرو و همکاران (Jemberu *et al*., 2015) در مرکز بین‌المللی تسوکوبا در ژاپن بر روی برنج رقم NERICA-4 و برنج ژاپنی Toyohatamochi با نتایج پژوهش

حاضر مبنی بر افزایش وزن هزار دانه با تقسیط نیتروژن در مراحل پایه و خوشه‌آغازین مطابقت داشت.

جدول ۳- تجزیه واریانس برخی صفات زراعی برنج تحت تیمارهای آزمایشی
Table 3- Analysis of variance of some of the traits of rice under experimental treatments

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height		طول خوشه Panicle length		پنجه بارور در کپه Fertile tiller in bushes		تعداد خوشه در متر مربع Number of Panicle / Sq. M		تعداد خوشه‌چه پر Number of spikelets filled		وزن هزار دانه Weigh 1000 seeds	
		هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar	هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar	هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar	هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar	هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar	هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar
سال Year	1	2708.55**	838.32**	63.62**	27.05**	259.56**	139.60**	192461.05**	89062.63**	475.23*	4454.77**	15.63*	16.60*
تکرار در سال Repeat in year	4	31.25	56.34	0.83	1.79	4.67	14.66	2773.55	8564.97	37.40	231.47	1.34	0.72
تراکم کاشت Planting density	2	173.32*	87.82ns	4.90*	7.81**	277.79**	337.91**	190117.87**	214582.11**	485.67**	1546.87**	0.41ns	5.47ns
سال * تراکم کاشت Year * Planting density	2	1.31ns	32.52ns	2.08ns	0.60ns	6.38ns	12.26ns	16892.81*	16529.19*	16.93ns	458.32ns	0.02ns	2.02ns
خطا Error	8	22.63	60.25	1.03	0.83	4.02	2.97	2912.05	2268.48	43.79	138.20	1.92	1.58
تقسیط نیتروژن Nitrogen splitting	4	64.03**	134.63**	4.02**	0.88ns	6.11ns	13.11*	3723.97**	7204.48*	92.59ns	19.03ns	3.12**	0.26ns
سال * تقسیط نیتروژن Year * Nitrogen splitting	4	28.69**	36.12ns	0.16ns	2.08ns	4.24ns	1.00ns	2267.27ns	502.55ns	29.75ns	95.93ns	1.20ns	3.22ns
تراکم کاشت * تقسیط نیتروژن Planting density * Nitrogen splitting	8	17.87*	7.49ns	1.31ns	0.87ns	1.78ns	5.73ns	529.44ns	2532.37ns	88.10*	204.57ns	1.23ns	4.59ns
سال * تراکم کاشت * تقسیط نیتروژن Year * Planting density * Nitrogen splitting	8	11.98ns	9.16ns	0.23ns	0.70ns	2.55ns	3.04ns	1315.87ns	1899.36ns	52.50ns	145.39ns	0.54ns	2.43ns
خطا مرکب Compound error	48	7.42	16.88	0.91	0.91	3.58	4.42	994.01	2279.32	36.11	120.04	0.64	2.41
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variation (%)	-	1.8	3.9	3.2	5.34	10.5	11.8	7.4	11.40	8.2	17.5	3.3	5.2

ns، **، *: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌داری در سطوح احتمال یک درصد و پنج درصد

ns, **, *: non-statistically significant and significant at 1% and 5%, respectively

جدول ٤- مقایسه میانگین برخی صفات زراعی برنج تحت تیمارهای آزمایشی
Table 4- Comparison of average of some traits of rice under experimental treatments

Experimental factors	ارتفاع بوته Plant height (cm)		طول خوشه Panicle length (cm)		پنجه بارور در کپه Fertile tiller in hill		تعداد خوشه در متر مربع Number of Panicle / Sq. M		تعداد خوشه‌چه پر Number of spikelets filled		وزن هزار دانه 1000-Grains weight (g)	
	هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar	هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar	هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar	هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar	هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar	هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar
سال Year												
۱۳۹۲-۹۳ - 2013-14	143.2b	100.2b	29.00b	17.29b	19.77a	19.06a	473.6a	450.4a	70.73b	69.60a	23.89b	29.48b
۱۳۹۳-۹۴ - 2014-15	154.2a	106.3a	30.65a	18.39a	16.37b	16.57b	381.1b	387.5b	75.32a	55.53b	24.73a	30.34a
تراکم کاشت Planting density (Plants /Sq. M)												
۱۶ -16	151.3a	-	30.24a	18.41a	21.33a	21.67a	343.6c	343.8c	77.66a	70.80a	-	30.25a
۲۵ - 25	146.6b	-	29.44b	17.68b	17.57b	16.22b	436.2b	402.4b	70.40b	59.32b	-	30.04ab
۳۳/۳ - 33.3	148.1b	-	29.73ab	17.43b	15.31c	15.56b	502.1a	510.5a	71.02b	57.59b	-	29.43b
تقسیط نیتروژن Nitrogen splitting												
S_1	148.7b	104.4ab	29.49b	-	17.82ab	16.84b	416.5bc	391.6b	73.78ab	-	24.20bc	-
S_2	149.1ab	106.5a	29.39b	-	17.36b	17.93ab	408.6c	418.6ab	73.36ab	-	23.91c	-
S_3	149.2ab	102.6b	30.27a	-	18.93a	17.62b	443.8a	421.4ab	72.68ab	-	24.87a	-
S_4	150.8a	103.6b	30.37a	-	17.97ab	19.17a	435.3ab	447.8a	75.77a	-	23.96c	-
S_5	145.6c	99.11c	29.50b	-	18.26ab	17.54b	432.4ab	415.1ab	69.53b	-	24.61ab	-

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد نمی‌باشد.

Means followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level, using Dunkan's test.

S_1: مصرف کامل (۱۰۰٪) در مرحله ابتدای کاشت یا پایه، S_2: ۵۰٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۵۰٪ در مرحله ابتدای پنجه‌دهی، S_3: ۵۰٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۵۰٪ در مرحله ظهور خوشه‌آغازین، S_4: ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای پنجه‌دهی + ۳۳/۳۳٪ در مرحله ظهور خوشه‌آغازین و S_5: ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۳۳/۳۳٪ ظهور خوشه‌آغازین + ۳۳/۳۳٪ در مرحله خوشه‌دهی کامل.

S_1: 100% At the beginning of planting, S_2: 50% At the beginning of planting + 50% Beginning of tillering, S_3: 50% At the beginning of planting + 50% Panicle formation, S_4: 33.33% At the beginning of planting + 33.33% Beginning of tillering + 33.33% Panicle formation and S_5: 33.33% At the beginning of planting + 33.33% Panicle formation + 33.33% End of panicle emergence.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل بین عامل‌ها بر روی برخی صفات برنج
Table 5- Comparison of mean interactions between agents on some traits of rice

سال Year	تراکم کاشت Planting density (Plants/Sq. M)	تعداد خوشه در متر مربع (هاشمی) Number of Panicle/Sq. M (Hashemi)	تعداد خوشه در متر مربع (کوهسار) Number of Panicle/Sq. M (Koohsar)
2013-14	16 Sq. M.	369.4d	367d
	25 Sq. M.	477b	415.6bc
	33.3 Sq. M.	574.3a	568.5a
2014-15	16 Sq. M.	317.9e	320.6e
	25 Sq. M.	395.5cd	389.2cd
	33.3 Sq. M.	429.9c	452.6b

سال Year	تقسیط نیتروژن Nitrogen splitting	ارتفاع بوته (هاشمی) Plant height (cm) (Hashemi)
2013-14	S1	143.6de
	S2	141.6ef
	S3	144.8d
	S4	146.1d
	S5	139.9f
2014-15	S1	153.7bc
	S2	156.7a
	S3	153.6bc
	S4	155.5ab
	S5	151.4c

تراکم کاشت Planting density (Plants /Sq. M)	تقسیط نیتروژن Nitrogen splitting	ارتفاع بوته (هاشمی) Plant height (cm) (Hashemi)	تعداد خوشه‌چه پر (هاشمی) Number of spikelets filled (Hashemi)
16	S1	154.5a	78.29a-c
	S2	150.3bc	80.07ab
	S3	150.9bc	73.65b-d
	S4	152.6ab	81.73a
	S5	148.3cd	74.55a-c
25	S1	144.1ef	70.75cd
	S2	148.1cd	74.18a-c
	S3	147.9cd	71.97b-d
	S4	149.8bc	73.21b-d
	S5	143.2f	61.89e
33.3	S1	147.4c-e	72.32b-d
	S2	148.9cd	65.83de
	S3	148.8cd	72.41b-d
	S4	150bc	72.38b-d
	S5	145.4d-f	72.15b-d

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد نمی‌باشد.
Means followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level, using Dunkan's test.

S_1: مصرف کامل (۱۰۰٪) در مرحله ابتدای کاشت یا پایه، S_2: ۵۰٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۵۰٪ در مرحله ابتدای پنجه‌دهی، S_3: ۵۰٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۵۰٪ در مرحله ظهور خوشه‌آغازین، S_4: ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای پنجه‌دهی + ۳۳/۳۳٪ در مرحله ظهور خوشه‌آغازین و S_5: ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۳۳/۳۳٪ ظهور خوشه‌آغازین + ۳۳/۳۳٪ در مرحله خوشه‌دهی کامل.

S_1: 100% At the beginning of planting, S_2: 50% At the beginning of planting + 50% Beginning of tillering, S_3: 50% At the beginning of planting + 50% Panicle formation, S_4: 33.33% At the beginning of planting + 33.33% Beginning of tillering + 33.33% Panicle formation and S_5: 33.33% At the beginning of planting + 33.33% Panicle formation + 33.33% End of panicle emergence.

عملکرد دانه

عملکرد دانه برای ارقام رقم هاشمی و کوهسار تحت اثر ساده سال قرار گرفت و به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد و فقط برای رقم هاشمی تحت اثر ساده تراکم قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). مقایسه میانگین اثرات ساده صفات نشان دادند که بیشترین عملکرد دانه برای ارقام هاشمی (۶۷۵۴ کیلوگرم در هکتار) و کوهسار (۴۶۳۹ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب در سال‌های اول و دوم زراعی به‌دست آمد. همچنین با افزایش تراکم در رقم هاشمی، عملکرد دانه روند افزایشی داشت (جدول ۷). عملکرد نهایی دانه به اجزای عملکرد آن وابسته می‌باشد. در رقم هاشمی بیشترین عملکرد دانه را در سال اول داشتیم که تنها دلیل آن برخورد مرحله پنجه‌دهی به شرایط نوری مناسب و افزایش پنجه مؤثر در هر بوته و به‌تبع آن افزایش تعداد خوشه در متر مربع بود که در نهایت به افزایش عملکرد دانه در این رقم منجر شد و البته همین شرایط نیز برای رقم پر محصول کوهسار حکم‌فرما بود ولی دلیل کاهش عملکرد دانه در این رقم وجود خسارت گنجشک در سال اول بود که به‌خاطر زودرس بودن رقم کوهسار، محصول در دام این خسارت افتاد و در مدت زمان کمی خسارت بالایی به محصول کرت‌های کوهسار وارد آورد که نتیجتاً باعث کاهش شدید عملکرد دانه در سال اول شد. با افزایش تراکم کاشت، هر چند تعداد پنجه بارور در کپه و تعداد خوشه‌چه پر در خوشه به‌دلیل رقابت بیشتر کاهش یافت ولی به خاطر افزایش تعداد بوته در واحد سطح، تعداد خوشه در متر مربع افزایش معنی‌داری داشت که این امر سبب افزایش عملکرد دانه در واحد سطح شد. اگرچه پتانسیل رشد و عملکرد گیاهان به عوامل ژنتیکی وابسته است، ولی برای دست‌یابی به حداکثر پتانسیل تولید، متغیرهای محیطی همچون شرایط آب و هوایی بر رشد و نمو و عملکرد محصولات زراعی به‌ویژه برنج تأثیرگذار می‌باشند (Singh *et al*., 2013; Liu *et al*., 2013). به‌طورکلی، در شرایط مشابه از نظر مدیریت زراعی و نوع ژنوتیپ، تنها شرایط اقلیمی منطقه، میزان پتانسیل عملکرد ارقام را تعیین می‌کند (Shrestha *et al*., 2013). وقوع دماهای پایین از طریق تأثیر بر برخی اجزای عملکرد همچون تعداد خوشه، تعداد کل دانه در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه و طول خوشه، کاهش عملکرد را در پی خواهد داشت (Farrell *et al*., 2006b). همچنین بسیاری از محققین اثر مثبت شدت تشعشع خورشیدی بر عملکرد دانه را گزارش نمودند (Peng *et al*., 2004). برتری تولید (در تراکم بالاتر) را می‌توان به تعداد کافی بوته‌ها یا کپه‌های برنج و در عین حال سهم نسبی بالاتر ساقه اصلی و پنجه‌های اولیه در عملکرد دانه نسبت داد (Mohaddesi *et al*., 2010) و از طرف دیگر عدم جبران فاصله زیاد کشت با تعداد پنجه بیشتر و افزایش رقابت بین پنجه‌ها می‌تواند توجیه کاهش عملکرد با افزایش فاصله کاشت یا کاهش تراکم بوته باشد (Niknejad *et al*., 2017). یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر

افزایش عملکرد دانه با افزایش تراکم بوته با نتایج مطالعات محققینی همچون ساندهو و همکاران (Sandhu *et al*., 2015) در منطقه پنجاب (هند) بر روی برنج رقم PAU201، یزدانی و همکاران (Yazdani *et al*., 2015) در شهرستان آمل بر روی برنج رقم کوهسار و خیری و همکاران (Kheyri *et al*., 2016) در شهرستان آمل بر روی برنج رقم طارم امراللهی مطابقت داشت. طی تحقیقی که رضایی‌نوپاشانی و امین‌پناه (Rezaei-Noupashani and Aminpanah, 2018) در صومعه‌سرا بر روی رقم هاشمی برنج انجام دادند نتایجی مشابه با پژوهش حاضر مبنی بر اثر غیر معنی‌دار تقسیط نیتروژن بر عملکرد دانه را گزارش کردند.

عملکرد کاه

همان‌طوری‌که در جدول ۶ تجزیه واریانس ملاحظه شد عملکرد کاه برای ارقام هاشمی و کوهسار تحت اثر ساده سال در سطح احتمال یک درصد و تحت اثر ساده تقسیط نیتروژن به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد و فقط در رقم هاشمی تحت اثر ساده تراکم قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثرات ساده صفات که در جدول ۷ آمده نشان داد که بیشترین عملکرد کاه در ارقام هاشمی و کوهسار متعلق به سال اول زراعی (به‌ترتیب ۷۳۷۷ و ۷۷۹۰ کیلوگرم در هکتار) بود. عملکرد کاه در ارقام مورد مطالعه مستقیماً تحت تأثیر تعداد پنجه قرار گرفت و بیشترین مقدار را در سال اول داشت. علی‌رغم عدم معنی‌داری در جدول ۶، آزمون دانکن اثر معنی‌دار تراکم کاشت بر عملکرد کاه را برای رقم کوهسار نشان داد به‌طوری‌که مانند رقم هاشمی به موازات افزایش تراکم بوته عملکرد کاه نیز افزایش یافت که این روند به خاطر تعداد خوشه در متر مربع بود. کمترین عملکرد کاه در ارقام هاشمی (۶۵۶۳ کیلوگرم در هکتار) و کوهسار (۶۱۲۲ کیلوگرم در هکتار) با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت، ظهور خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل به‌دست آمد که علت آن عدم دسترسی به مقدار کود مناسب در مرحله رشد رویشی بود چراکه دو سوم کود مصرفی به رشد زایشی اختصاص داشت که در نتیجه ارتفاع و تعداد پنجه در بوته‌های برنج کمترین مقدار را داشتند که منتج به عملکرد پایین کاه در برنج شد. طی مطالعه‌ای که بزرگی و همکاران (Bozorgi *et al*., 2011) در منطقه لاهیجان بر روی برنج رقم هاشمی داشتند، دریافتند که بیشترین عملکرد کاه در تراکم بالا با فواصل کاشت کمتر حاصل شد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت. کائوشال و همکاران (Kaushal *et al*., 2010) طی مطالعه‌ای بر روی برنج رقم IR64 در مرکز تحقیقات کشاورزی هند، نشان دادند که بیشترین عملکرد کاه در هکتار با تقسیط نیتروژن در مراحل پایه، پنجه‌دهی و خوشه‌آغازین به‌دست آمد.

جدول ٦- تجزیه واریانس عملکرد دانه، عملکرد کاه و شاخص برداشت برنج تحت تیمارهای آزمایشی

Table 6- Analysis of variance of grain yield, straw yield and harvest index of rice under experimental treatments

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield		عملکرد کاه Straw yield		شاخص برداشت Harvest index	
		هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar	هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar	هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar
سال Year	1	8698466.18**	17804908.02*	16556792.37**	125882213.06**	8.46ns	4038.22**
تکرار در سال Repeat in year	4	690100.59	5764459.83	1077984.38	1444177.26	7.74	240.35
تراکم کاشت Planting density	2	16435806.44**	4777505.44ns	32062777.70**	8352067.97ns	23.08ns	1.82ns
سال * تراکم کاشت Year * Planting density	2	1188662.55ns	3777170.86ns	1363604.81ns	3363904.19ns	1.72ns	8.64ns
خطا Error	8	580496.27	2211752.67	1008210.80	2460393.82	5.97	32.68
تقسیط نیتروژن Nitrogen splitting	4	282567.81ns	94939.19ns	1143566.80**	2134619.37*	7.10ns	23.89ns
سال * تقسیط نیتروژن Year * Nitrogen splitting	4	453613.12ns	469899.22ns	301820.71ns	1233730.63ns	2.39ns	9.89ns
تراکم کاشت * تقسیط نیتروژن Planting density * Nitrogen splitting	8	261316.22ns	289649.74ns	78916.14ns	194817.57ns	1.72ns	4.98ns
سال * تراکم کاشت * تقسیط نیتروژن Year * Planting density * Nitrogen splitting	8	405933.80ns	279366.27ns	528987.96ns	950017.45ns	4.41ns	10.33ns
خطا مرکب Compound error	48	272571.48	452523.50	227534.30	591433.39	2.94	11.46
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variation (%)	-	8.1	16.0	6.9	11.6	3. 6	8.6

ns، **، *: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌داری در سطوح احتمال یک درصد و پنج درصد

ns, **, *: non-statistically significant and significant at 1% and 5%, respectively

شاخص برداشت

شاخص برداشت از نظر آماری تنها در رقم کوهسار تحت اثر ساده سال قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). مقایسه میانگین اثرات ساده صفات (جدول ۷) نشان دادند که شاخص برداشت در رقم کوهسار برای سال دوم زراعی (۴۵/۸۴ درصد) بیشتر بود. شاخص براشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد

بیولوژیک حاصل می‌شود و با افزایش عملکرد دانه افزایش می‌یابد. شاخص برداشت در رقم هاشمی تحت اثر سال قرار نگرفت و این بدان معنی‌است که در سال اول به نسبت افزایش عملکرد دانه عملکرد کاه نیز افزایش داشت؛ اما شاخص برداشت رقم کوهسار در سال دوم بیشتر بود که با توجه به افزایش عملکرد دانه و کاهش عملکرد کاه کاملاً طبیعی‌است. علی‌رغم عدم معنی‌داری در جدول ۶ آزمون دانکن اثر معنی‌دار تراکم کاشت بر شاخص برداشت را برای رقم هاشمی و اثر معنی‌دار تقسیط نیتروژن بر شاخص برداشت را برای هر دو رقم نشان داد، به‌طوری‌که کمترین شاخص برداشت برای رقم هاشمی در بالاترین تراکم (۴۷/۲۰ درصد) مشاهده شد. در تراکم‌های بالاتر به علت افزایش رقابت بین بوته‌ها و افزایش رشد رویشی، عملکرد کاه با شدت بیشتری نسبت به عملکرد دانه افزایش می‌یابد که به‌تبع آن عملکرد بیولوژیکی، زیاد و در نتیجه شاخص برداشت کاهش می‌یابد. بزرگی و همکاران (Bozorgi *et al*., 2011) طی بررسی بر روی برنج رقم هاشمی در منطقه لاهیجان گزارش دادند که بیشترین شاخص برداشت از آرایش کاشت ۲۰ × ۲۰ سانتی‌متر و کمترین آن از آرایش کاشت ۱۵ × ۱۵ سانتی‌متر مربع حاصل شد. در همین زمینه مرادپور و همکاران (Moradpour *et al*., 2013) با بررسی عملکرد برنج رقم فجر عدم معنی‌داری شاخص برداشت را تحت اثر تراکم بوته نشان دادند. دیگر نتایج نشان دادند که بیشترین شاخص برداشت برای ارقام هاشمی و کوهسار (به‌ترتیب ۴۹/۲۹ و ۴۰/۹۲ درصد) با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت، ظهور خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل به‌دست آمد (جدول ۷). در شرایط ثابت ماندن عملکرد دانه، بین عملکرد کاه و شاخص برداشت رابطه عکس وجود دارد به‌طوری‌که تیمارهای دارای عملکرد کاه کمتر از شاخص برداشت بالاتری برخوردار خواهند بود که این رابطه در پژوهش حاضر نیز به‌وضوح مشاهده شد. شاخص برداشت دانه، شاخص مفیدی برای ارزیابی اثرات تیمار بر روی انتقال مواد فتوسنتزی به دانه در شرایط محیطی می‌باشد (Fageria, 2009). شاخص برداشت بیانگر چگونگی تسهیم مواد پرورده بین سازه‌های رویشی گیاه و دانه می‌باشد (Majidian *et al*., 2008).

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد دانه، عملکرد کاه و شاخص برداشت برنج تحت تیمارهای آزمایشی

Table 7- Comparison of average of grain yield, straw yield and harvest index of rice under experimental treatments

Experimental factors	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})		عملکرد کاه Straw yield (kg.ha^{-1})		شاخص برداشت Harvest index (%)	
	هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar	هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar	هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar
سال Year						
۱۳۹۲-۹۳ - 2013-14	6754a	3749b	7377a	7790a	-	32.44b
۱۳۹۳-۹۴ - 2014-15	6132b	4639a	6520b	5425b	-	45.84a
تراکم کاشت Planting density (Plants /Sq. M)						
۱۶ -16	5762c	-	6060c	6008b	48.76a	-
۲۵ - 25	6338b	-	6703b	6811ab	48.67a	-
۳۳/۳ - 33.3	7231a	-	8083a	7003a	47.20b	-
تقسیط نیتروژن Nitrogen splitting						
S_1	-	-	7053a	6445ab	47.79b	39.63ab
S_2	-	-	6941a	6982a	47.79b	38.11b
S_3	-	-	6929a	6613ab	48.19ab	38.69ab
S_4	-	-	7256a	6874a	47.98b	38.35b
S_5	-	-	6563b	6122b	49.29a	40.92a

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد نمی‌باشد.

Means followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level, using Dunkan's test.

S_1: مصرف کامل (۱۰۰٪) در مرحله ابتدای کاشت یا پایه، S_2: ۵۰٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۵۰٪ در مرحله ابتدای پنجه‌دهی، S_3: ۵۰٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۵۰٪ در مرحله ظهور خوشه‌آغازین، S_4: ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای پنجه‌دهی + ۳۳/۳۳٪ در مرحله ظهور خوشه‌آغازین و S_5: ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۳۳/۳۳٪ ظهور خوشه‌آغازین + ۳۳/۳۳٪ در مرحله خوشه‌دهی کامل.

S_1: 100% At the beginning of planting, S_2: 50% At the beginning of planting + 50% Beginning of tillering, S_3: 50% At the beginning of planting + 50% Panicle formation, S_4: 33.33% At the beginning of planting + 33.33% Beginning of tillering + 33.33% Panicle formation and S_5: 33.33% At the beginning of planting + 33.33% Panicle formation + 33.33% End of panicle emergence.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش اهمیت تعداد خوشه در متر مربع را در افزایش عملکرد دانه نشان داد و آن‌را به‌عنوان مؤثرترین جزء عملکردی به‌منظور افزایش تولید برای ارقام هاشمی و کوهسار معرفی کرد. نتایج نشان دادند که بهترین سال زراعی جهت حصول عملکرد دانه بیشتر برای رقم هاشمی، سال زراعی اول بوده که به‌خاطر عدم رقابت نوری به‌ویژه حضور نور مناسب در مرحله پنجه‌دهی تعداد پنجه مؤثر در هر بوته و متعاقباً تعداد خوشه در متر مربع افزایش یافت که افزایش عملکرد دانه را نتیجه داد. علی‌رغم مناسب بودن سال زراعی اول جهت تولید بیشتر برای رقم هاشمی، به علت وجود آزمون و خطا بدترین سال زراعی برای رقم کوهسار به‌شمار می‌آمد چراکه به دلیل دوره رشد کوتاه (زودرس) رقم کوهسار نسبت به رقم هاشمی و ارقام دیگر کشت شده در منطقه، زودتر به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک رسید و غذای مناسبی برای خسارت گنجشک به‌شمار می‌آمد و به‌خاطر مساحت کم آزمایش در برابر حجم بالای گنجشک‌های حاضر در منطقه در مدت زمان بسیار کوتاهی خسارت زیادی را به محصول کوهسار وارد آوردند که بلافاصله بعد از رویت مهار شدند و در سال دوم نیز مراقبت‌های لازم در برابر این خسارت صورت پذیرفت. دیگر نتایج حاکی از آن‌است که بهترین تراکم کاشت برای رقم هاشمی تراکم ۳۳/۳ بوته در متر مربع با عملکرد ۷۲۳۱ کیلوگرم در هکتار بود که در مقایسه با تراکم‌های ۱۶ و ۲۵ بوته در متر مربع به‌ترتیب ۲۰/۳۲ و ۱۲/۳۵ درصد افزایش تولید نشان داد که به نظر می‌آید در صورت عدم خسارت تولید در سال اول زراعی برای رقم کوهسار، اثر غیر معنی‌دار تراکم بر عملکرد دانه به‌واسطه تجزیه مرکب حاصل نمی‌شد و نتیجه‌ای مشابه با رقم هاشمی را رقم می‌زد چراکه تنها جزء عملکردی که افزایش تولید را با افزایش تراکم برای رقم هاشمی باعث شد تعداد خوشه در متر مربع بود که این نتایج منطبق با نتایج رقم کوهسار بودند. در پژوهش حاضر تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت یا پایه، ظهور خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل بهترین نوع تقسیط با هدف کاهش عملکرد کاه و افزایش شاخص برداشت برای ارقام هاشمی و کوهسار به‌شمار می‌آید.

References

1. Agricultural statistics. 2013. Ministry of Agriculture. Department of Planning and Economy. Center of information and communication technology.
2. Andrade, F. H., Calvino, P., Cirilo, A., and Barbieri, P. 2002. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. Agronomy Journal 94 (5): 975-980.
3. Anil, K., Yakadri, M., and Jayasree, G. 2018. Influence of Nitrogen Levels and Times of Application on Growth Parameters of Aerobic Rice. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 7 (5): 1525-1529.
4. Asmamaw, B. A. 2017. Effect of planting density on growth, yield and yield attributes of rice (*Oryza sativa* L.). African Journal of Agricultural Research 12 (35): 2713-2721.
5. Bozorgi, H. M., Faraji, A., Khosravi Danesh, R., Keshavarz, A., Azarpour, E., and Tarighi, F. 2011. Effect of Plant Density on Yield and Yield Components of Rice. World Applied Sciences Journal 12 (11): 2053-2057.
6. Deng, N., Ling, X., Sun, Y., Zhang, C., Fahad, S., Peng, S., Cui, K., Nie, L., and Huang, J. 2015. Influence of temperature and solar radiation on grain yield and quality in irrigated rice system. European Journal of Agronomy 64: 37-46.
7. Dowling, N. G., Greenfield, S. M., and Fisher, K. S. 1998. Sustainability of Rice the Global Food System. International Rice Research Institute, 1st Ed. Los Banos, Philippines. 404 pages.
8. Emam, Y. 2007. Cereals Production. Shiraz, Univ. press. 199p.
9. Esmaeilzadeh Moridani, M., Eshraghi-Nejad, M., Galeshi, S., and Ashouri, M. 2012. The investigation of nitrogen fertilizer split application effect on quantity yield and grain quality of rice varieties (Hashemi and Bahar 1) in Guilan. Journal of Crop Production 4 (2): 121-138. (in Persian with English abstract).
10. Esmaeilzade-Moridani, M., Alami-Saeid, K., and Eshraghi-Nejad, M. 2013. Study of nitrogen split application on yield and grain quality on native and breeded rice varieties. Scientia Agriculture 2 (1): 3-10.
11. Fageria, N. K. 2009. The Use of Nutrients in Crop Plants. New York: CRC Press. 448 Pages.
12. Farrell, T. C., Fox, K. M., Williams, R. L., Fukai, S., and Lewin, L. G. 2006b. Minimizing cold damage during reproductive development among temperate rice genotypes. Genotypic variation and flowering traits related to cold tolerance screening. Australian Journal of Agricultural Research 57 (1): 89-100.
13. Ganga Devi, M., Tirumala Reddy, S., Sumati, V., Pratima, T., and John, K. 2012. Nitrogen management to improve the nutrient uptake, yield and quality parameters of scented rice under aerobic culture. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology 3 (1): 340-344.
14. Gbadamosi, A., and Daniel, M. M. 2014. Effect of light intensity on growth and yield of a Nigerian local rice variety-Ofada. International Journal of Plant Research 4 (4): 89-94.

15. Gu, X., Liang, Z., Huang, L., Ma, H., Wang, M., Yang, H., Liu, M., Lv, H., and Lv, B. 2012. Effects of plastic film mulching and plant density on rice growth and yield in saline-sodic soil of northeast China. Journal of Food, Agriculture and Environment 10 (2): 560-564.
16. Haefel, S. M., Naklang, K., Harnpichitvitaya, D., Jearakongman, S., Skulkhu, E., Romyen, P., Tabtim, S., and Suriya-Arunroj, S. 2006. Factor affecting rice yield and fertilizer response in rain fed lowlands of northeast Thailand. Field Crop Research 98 (1): 39-51.
17. Hirzel, J., Pedreros, A., and Cordero, K. 2011. Effect of nitrogen rates and spilt nitrogen fertilization on grin yield and its components in flooed rice. Chilean Journal of Agricultural Research 71 (3): 437-444.
18. Islam, M. S., Peng, Sh., Visperas, R. M., and Ereful, N. 2007. Lodging-related morphological traits of hybrid rice in a tropical irrigated ecosystem. Field Crops Research 101 (2): 240-248.
19. Jemberu, T., Togashi, M., and Urayama, H. 2015. Nitrogen fertilizer application timing on growth and yield of Nerica4 and Japanese rice variety toyohatamochi. International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science 5 (3): 91-97.
20. Jiang, W., Lee, J., Chu, Sh., Ham, T. H., Woo, M. O., Cho, Y. I., Chin, J. H., Han, L., Xuan, Y., and Yuan, D. 2010. Genotype × environment interactions for chilling tolerance of rice recombinant inbred lines under different low temperature environments. Field Crops Research 117 (2-3): 226-236.
21. Kamruzzaman, M. D., Abdul Kayum, M. D., Mainul Hasan, M. D., Mahmudul Hasan, M. D., Jaime, A. T., and Silva, D. A. 2013. Effect of split application of nitrogen fertilizer on yield and yield attributes of transplanted aman rice (*Oryza sativa* L.). Bangladesh Journal of Agricultural Research 38 (4): 579-587.
22. Kaushal, A. K., Rana, N. S., Singh, A., Sachin, N., and Srivastav, A. 2010. Response of Levels and Split Application of Nitrogen in Green Manured Wetland Rice (*Oryza sativa* L.). Asian Journal of Agricultural Sciences 2 (2): 42-46.
23. Kazemi Posht Mosavi, H., Pirdashti, H. A., Bahmanyar, M. A., and Nasiri, M. 2007. Study the effects of nitrogen fertilizer rates and split application on yield and yield components of different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. Quarterly pajouhesh-va-sazandegi 20 (2): (75 in Agronomy and Horticulture) 68-77. (in Persian with English abstract).
24. Kheyri, N., Mobasser, H. R., Masoodi, B., and Yadollahi, P. 2016. Effect of plant density and planting pattern on yield components and yield of rice (*Oryza sativa* L.) var. Tarom Amrollahi. Journal of Plant Ecophysiology 8 (26): 26-34. (in Persian with English abstract).
25. Khourgami, A., Hoseini Varaki, M., Mobasser, H. R., and Nasrollahi, H. 2012. Study the Effect of Nitrogen Division and Plant Density on Morphological Characteristics Related to Lodging in Rice 'Tarom Hasansaraie' Cultivar. International Journal of Science and Advanced Technology 2 (4): 47-50.
26. Lee, M. H. 2001. Low Temperature Tolerance in Rice: The Korean Experience. Increased Lowland Rice Production in the Mekong Region; edited by Shu Fukai and Jaya Basnayake. ACIAR proceeding 101: 109-117.
27. Liu, L., Zhu, Y., Tang, L., Cao, W., and Wang, E. 2013. Impacts of climate changes, soil nutrients, variety types and management practices on rice yield in East China: A case study in the Taihu region. Field Crops Research 149: 40-48.
28. Liu, Q. H., Wu, X., Li, T., Ma, J. Q., and Zhou, X. B. 2013. Effects of elevated air temperature on physiological characteristics of flag leaves and grain yield in rice. Chilean Journal of Agricultural Research 73 (2): 85-90.
29. Liu, Q., Cai, J., Li, T., and Zhang, J. 2007. Response of grain-filling properties and quality in rice to weak light during initial period of young spike. Acta Agriculture Universities Jiangxiensis 29: 172-175.
30. Majidian, M., Ghalavand, A., Kamgar Haghighi, A. A., and Karimian. A. 2008. Effect of drought stress, nitrogen fertilizer and manure on chlorophyll meter reading, grain yield and yield components in grain maize CV. SC_{704}. Quarterly Iranian Journal of Crop Sciences 10 (3): 303-330. (in Persian with English abstract).
31. Mohaddesi, A., Abbasian, A., Bakhshipour, S., and Salehi, M. 2010. Effects of nitrogenous fertilizer and planting density on yield and yield components of 843 rice line. Journal of Crop Ecophysiology 2 (3): 198-208.
32. Mohammadian Roshan, N., Azarpour, E., and Moradi, M. 2011. Study of yield and yield components of rice in different Plant spacing and Number of Seedlings per Hill. Middle-East Journal of Scientific Research 7 (2): 136-140.
33. Moradpour, S., Koohi, R., Babaei, M., and Goldoust Khorshidi, M. 2013. Effect of planting date and planting density on rice yield and growth analysis (Fajr Variety). International Journal of Agriculture and Crop Sciences 5 (3): 267-272.
34. Niknejad, Y., Zamani, M. H., Falah, A., and Nasiri, M. 2017. Evaluation of nitrogen fertilizer rates and planting space on agronomic traits of 8615 rice line. Applied Field Crops Research (Pajouhesh and Sazandegi) 29 (3-112): 1-8. (in Persian with English abstract).

35. Peng, S., Huang, J., Sheehy, J. E., Laza, R. C., Visperas, R. M., Zhong, X., Centeno, G. S., Khush, G. S., and Cassman, K. G. 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 101 (27): 9971-9975.
36. Qi-hua, L., Xiu, W., Bo-cong, C., Jia-qing, M., and Jie, G. 2014. Effects of low light on agronomic and physiological characteristics of rice including grain yield and quality. Rice Science 21 (5): 243-251.
37. Rezaei Noupashani, S., and Aminpanah, H. 2018. Effect of different crops rotation with rice, N rate and N split application on crop grain yield. Journal of Plant Ecophysiology 9 (31): 95-106. (in Persian with English abstract).
38. Sacks, W. J., Deryng, D., Foley, J. A., and Ramankutty, N. 2010. Crop planting dates: an analysis of global patterns. Global Ecology and Biogeography 19 (5): 607-620.
39. Sandhu, S. S., Mahal, S. S., and Kaur, A. 2015. Physicochemical, cooking quality and productivity of rice as influenced by planting methods, planting density and nitrogen management. International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences 5 (1): 33-40.
40. Sarmadnia, Gh., and Koocheki, A. 2005. Crop Physiology. Mashhad University Jihad Publications, 400p. (in Persian).
41. Sathiya, K., and Ramesh, T. 2009. Effect of split application of nitrogen on growth and yield of aerobic rice. Asian Journal of Experimental Sciences 23 (1): 303-306.
42. Seyoum, M., Alamerew, S., and Bantte, K. 2011. Evaluation of upland NERICA rice genotypes for grain yield and yield components along an altitude gradient in southwest Ethiopia. Journal of Agronomy 10 (4): 105-111.
43. Shaiful Islam, M. D., Hasanuzzaman, M., Rokonuzzaman, M., and Nahar, K. 2009. Effect of split application of nitrogen fertilizer on morphophysiological parameters of rice genotypes. International Journal of Plant Production 3 (1): 51-61.
44. Sheehy, J. E., Mitchell, P., Allen, L., and Ferrer, A. B. 2006. Mathematical consequences of using various empirical expressions of crop yield as a function of temperature. Field Crops Research 98 (2): 216-221.
45. Shimono, H., Hasegawa, T., and Iwama, K. 2002. Response of growth and grain yield in paddy rice to cool water at different growth stages. Field Crops Research 73 (2-3): 67-79.
46. Shrestha, S., Asch, F., Brueck, H., Giese, M., Dusserre, J., and Ramanantsoanirina, A. 2013. Phonological responses of upland rice grown along an altitudinal gradient. Environmental and Experimental Botany 89: 1-10.
47. Singh, R. P., Vara Prasad, P. V., and Reddy, K. R. 2013. Impacts of changing climate and climate variability on seed production and seed industry. Advances in Agronomy 118: 49-110.
48. Smith, W. H. 1983. Symposium on Potential Productivity of Field Crops under Different Environments. Int. Rice Res. Inst., 1983. Agricultural productivity. 526 pages.
49. Sultana, M. R., Rahman, M. M., and Rahman, M. H., 2012. Effect of row and hill spacing on the yield performance of boro rice (cv. BRRI dhan45) under aerobic system of cultivation. Journal of the Bangladesh Agricultural University 10 (1): 39-42.
50. Thakur, P., Kumar, S., Malik, J. A., Berger, J. D., and Nayyar, H. 2010. Cold stress effects on reproductive development in grain crops: an overview. Environmental and Experimental Botany 67 (3): 429-443.
51. Wang, Z., Quebedeuux, B., and Stutte, G. W. 1996. Partitioning of (14c) glucose into sorbitol and other carbohydrates in apple under water stress. Australian Journal of Plant Physiology 23 (3): 245-251.
52. Yazdani, A., Mobasser, H. R., Niknezhad, Y., and Kheyri, N. 2015. Effect of planting pattern and split application of nitrogen fertilizer on qualitative traits and grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) var. Koohsar in second cropping. Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology 2 (1): 121-134. (in Persian).
53. Yoshida, S. 1981. Growth and development of rice plants In: Fundamental of Rice Crop Science. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Laguna, Philippines, 1-63.
54. Zhang, B., and Yamagishi, J. 2010. Response of spikelet number per panicle in rice cultivars to three transplanting densities. Plant Production Science 13 (3): 279-288.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 17, No. 4, Winter. 2020, p. 631-645

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۷، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص. ۶۴۵-۶۳۱

Effect of Nitrogen Splitting and Plant Density on Yield and Grain Yield Components of Two Rice Genotypes (*Oryza sativa* L.)

F. Alipour Abookheili[1], Gh. Noormohammadi[2*], H. Madani[3], H. Heidari Sharifabad[4], H. Mobasser[5]

Received: 04-03-2019
Accepted: 26-06-2019

Introduction: Rice (*Oryza sativa* L.) is the main staple food for more than half of the world's population. In 2011, worldwide rice production exceeded 672 million mt. Iran ranked 20th in terms of rice production in the world. Plant spacing has an important role on growth and yield of rice. Optimum plant density ensures the plant to grow properly with their aerial and underground parts by utilizing more solar radiation and soil nutrients. Timing of nitrogen application had a significant role on reducing nitrogen losses, increasing nitrogen use efficiency and avoiding unnecessary vegetative growth.

Materials and Methods: In order to do this research, an experiment was conducted as split plot based on a randomized complete block design with three replications in a research farm located in Qaemshahr during the years 2013-14 and 2014-15. The experimental factors included three levels of plant density (16, 25 and 33.3 plants per m^2) as the main factor and sub-factor was nitrogen splitting in 5 levels (S_1: 100% at the beginning of planting, S_2: 50% at the beginning of planting + 50% at the beginning of tillering, S_3: 50% at the beginning of planting + 50% at the panicle formation, S_4: 33.33% at the beginning of planting + 33.33% at the beginning of tillering + 33.33% at the panicle formation and S_5: 33.33% at the beginning of planting + 33.33% at the panicle formation + 33.33% at the end of panicle emergence).

Results and Discussion: The results showed that grain yield of Hashemi and Koohsar cultivars in the second year decreased 9.21% and increased 23.74% respectively, than the first year. Also, the second year compared to the first year, showed a decrease of 11.62% and 30.36% of straw yield, respectively, in Hashemi and Koohsar cultivars. Grain yield and harvest index were increased and decreased with increasing density in Hashemi cultivar, respectively. Straw yield in both cultivars increased with increasing density. The lowest straw yield and the highest harvest index were obtained in both cultivars, with nitrogen application in equal proportions at the basic stages, initial cluster and complete clustering. The interaction between the factors in the cultivars showed that in each two years, the number of cluster per square meter increased with increasing plant density.

Conclusions: The results of this study showed that in the studied cultivars, the highest effect of plant density and nitrogen splitting on yield components was related to the number of panicles per square meter, because ultimately increasing the number of plants per unit area and nitrogen splitting equally in the basic stages, beginning tillering and primary cluster emergence resulted in the highest grain yield per hectare by increasing the number of panicles per square meter.

Keywords: Cultivar, Grain yield, Nitrogen applying time, Planting distance, Year

1- Ph.D. Student Department of Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Professor, Department of Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3- Associate Professor, Department of Agronomy, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
4- Professor, Department of Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
5- Assistant Professor, Department of Agronomy, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran
(*- Corresponding Author Email: gnoorm@yahoo.com)